

УДК 621.311.078

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКИРОВОК МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ

Киселев Д.Н.

Научный руководитель – профессор Ершов Ю.А.

Сибирский федеральный университет

Современные компьютерные технологии дают возможность виртуального испытания устройств релейной защиты. Существующие на сегодняшний день программы позволяют создавать модели, которые могут отслеживать входные и выходные данные, а также промежуточные расчёты. Таким образом, можно контролировать работу устройств релейной защиты в режиме реального времени и проверить правильность их функционирования при различных режимах электрической системы.

В данной работе представлены модели блокировок дистанционной защиты, разработанные в программе *Matlab/simulink*. Разработанные модели, в сочетании с моделями органов сопротивления будут использованы в моделях микропроцессорных дистанционных защит.

Моделирование блокировки при качаниях.

Качания в энергосистеме могут возникать в случае отключения больших нагрузок и после отключения мощных электростанций.

Блокировка при качаниях используется для обнаружения качаний мощности и блокировки выбранных зон дистанционной защиты.

Существующие блокировки при качаниях защит типа ЭПЗ-1636 и ШДЭ-2801 реагируют на приращения токов и напряжений прямой и обратной последовательностей.

Разработанная модель блокировки при качаниях реагирует на скорость изменения полного сопротивления. Такой принцип действия применяется в современных микропроцессорных дистанционных защитах.

Функциональная схема модели блокировки при качаниях представлена на рис. 1 и состоит из трех органов: измерительный орган (ИО), пусковой орган (ПО) и логическая часть (ЛЧ).

Работа ИО блокировки при качаниях основана на дистанционном принципе измерения. Расчёт сопротивлений производится путем деления мгновенных значений ортогональных составляющих напряжения и тока.

Входные данные измерительного органа блокировки представляют собой дискретные значения токов и напряжений, полученные от цифрового фильтра. Формирователи ортогональных составляющих тока ($ORT I$) и напряжения ($ORT U$) выдают действительные (I_x , U_x) и мнимые (I_y , U_y) значения величин.

Действительная (активная) R и мнимая (реактивная) X составляющие сопротивления Z выражаются из формулы (1).

$$Z = R + jX = (U_x + jU_y) / (I_x + jI_y) \quad (1)$$

Алгоритм работы ПО модели состоит из двух частей: формирование условий срабатывания блокировки и проверка их выполнения.

Условия срабатывания блокировки задаются уставками: по активному сопротивлению (R_{01} , R_{02} , R_{03} , R_{04}), по реактивному сопротивлению (X_{01} , X_{02} , X_{03} , X_{04}) и по углу (b_1 , b_2 , b_3 , b_4).

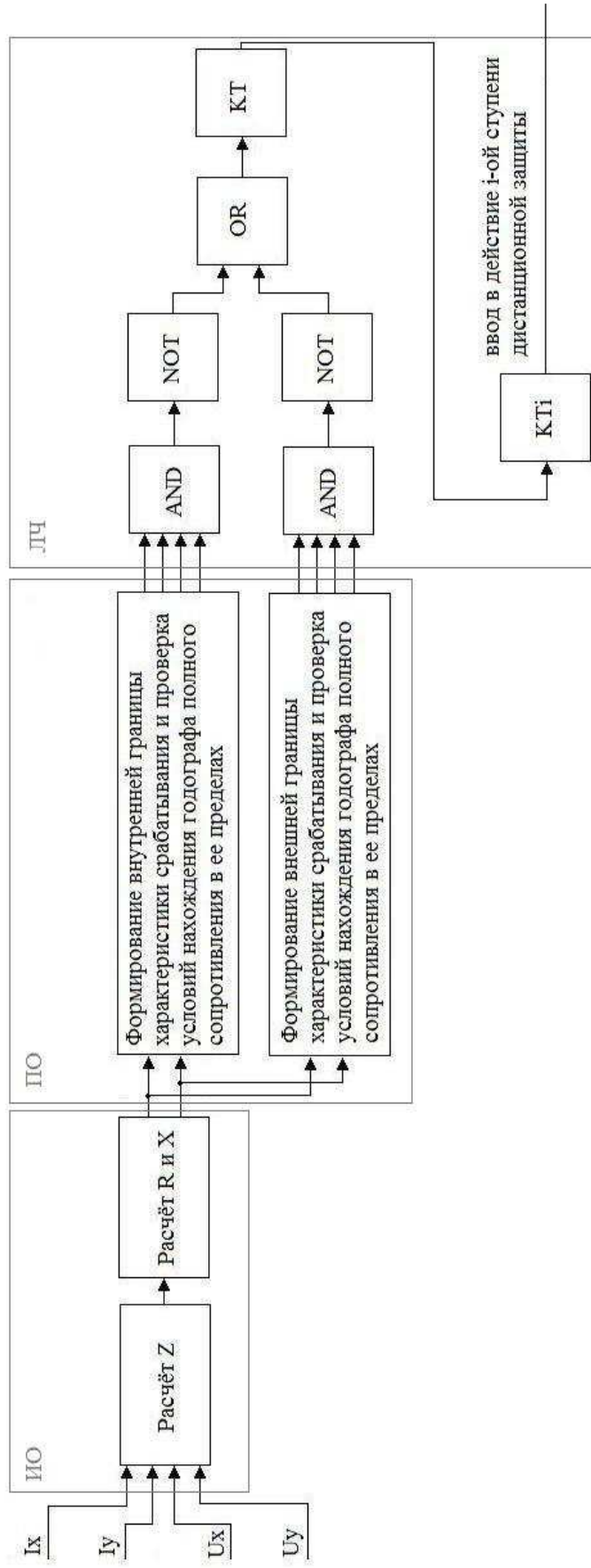


Рис. 1 - Функциональная схема блокировки при качаниях

Эти уставки формируют восемь уравнений прямых, определяющих внутреннюю и внешнюю границы характеристики срабатывания блокировки при качаниях (рис. 2).

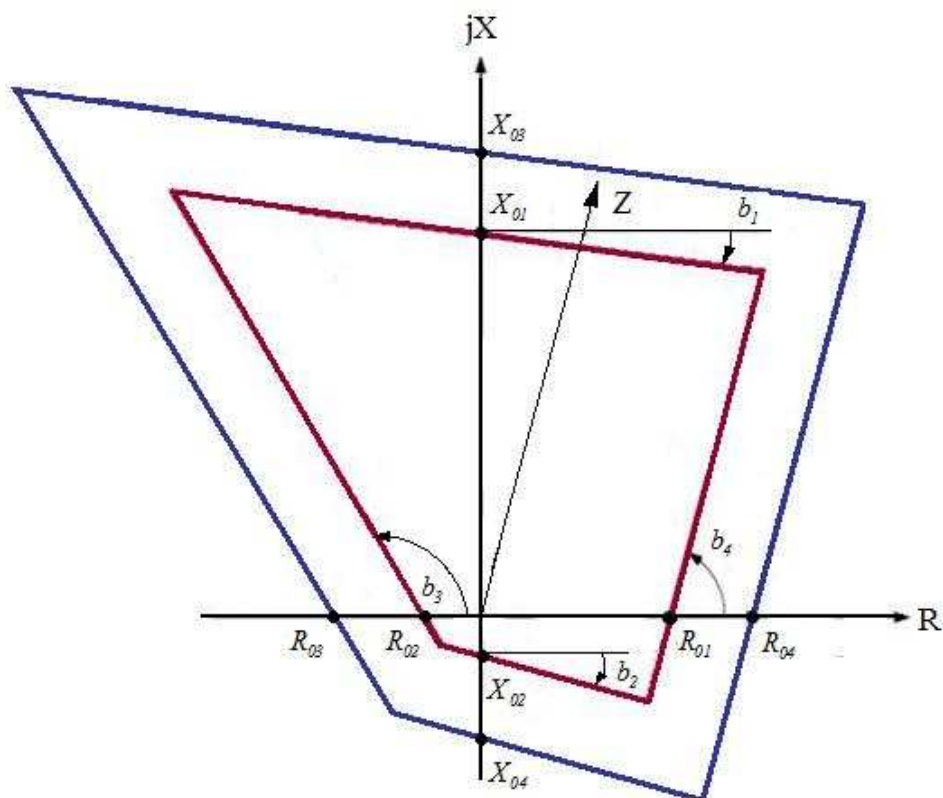


Рис. 2 - Характеристика срабатывания блокировки при качаниях

Вторая часть алгоритма ПО блокировки основана на определении времени, которое необходимо для прохождения годографа полного сопротивления Z между внешней и внутренней границей характеристики срабатывания.

При коротком замыкании время прохождения годографа значительно меньше, чем при качаниях. Поэтому при коротком замыкании ЛЧ блокировки разрешает работать дистанционной защите на время ее срабатывания (задается уставками), если защита не сработает, то блокировка запрещает действие защиты.

Выявление качаний в энергосистеме происходит в том случае, если время нахождения годографа полного сопротивления между внешней и внутренней границей характеристики срабатывания превышает время, заданное уставкой. В этом случае блокировка запрещает действие дистанционной защиты.

Все вычисления производятся в режиме реального времени, соответственно при поступлении новых значений ортогональных составляющих напряжений и токов расчёт повторяется.

Данная модель является универсальной. Существует возможность изменения характеристики срабатывания блокировки путем ввода других параметров R_{01} , R_{02} , R_{03} , R_{04} , X_{01} , X_{02} , X_{03} , X_{04} , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 . Таким образом, данная блокировка может быть использована в любой ступени дистанционной защиты. Диалоговое окно ввода уставок представлено на рис. 3.

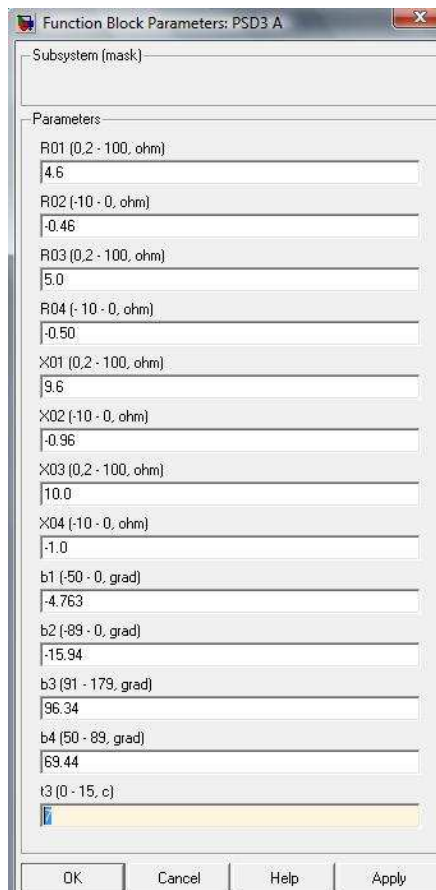


Рис. 3 – Уставки органа блокировки при качаниях

Блокировка неисправности цепей переменного напряжения.

Назначение блокировки неисправности цепей переменного напряжения – блокировка функций, использующих цепи напряжения при их неисправности. (для предотвращения ложной работы защиты).

На сегодняшний день, существует несколько видов блокировок неисправности цепей переменного напряжения. Они различаются по способу выявления неисправности. Применяется, в основном, два различных алгоритма: алгоритм, с использованием величин обратной и нулевой последовательностей, а также алгоритм, основанный на измерении скорости изменения токов и напряжений.

Разработанная в программе *Matlab/simulink* модель блокировки неисправности цепей переменного напряжения основана на выявлении изменения напряжения. В случае короткого замыкания, напряжение близко к нулю, но не всегда равно ему. Орган неисправности цепей переменного напряжения в режиме реального времени выявляет изменения напряжения, и в случае его отсутствия блокирует работу дистанционной защиты.

Испытание моделей производится в следующем порядке:

1. Запуск программы.
2. Получение ортогональных составляющих напряжений и токов.
3. Ввод параметров, задающих область зоны срабатывания.
4. Получение результата.

Данные модели блокировок позволяют создавать модели дистанционных защит и исследовать их, как в лабораторных, так и в научных целях.